

SUMMARY

The objective of this research was to develop a survival percent prediction equation for Pinus taeda plantation in the central area of Paraná State, based on planted trees, survival trees, plantation age and Site height. The data came from unthinned permanente sample plots and temporary sample plots, covering only the initial spacings of 2x2 and 2x2,5 meters.

The final model to predict survival percent was:

$$\log (T_p/T_s) = A (0.001907 H - 0.006322 \sqrt{H})$$

Where:

T_p = Planted trees

T_s = Survival trees

A = Plantation age

H = Site height

This equation accounted for 93.56 percent of the total variation and had a standard error in percent equal to 8.18%. No trends were noticed in the residuals, so this equation can be used to predict the number of survival trees per hectare at any age within the range of data.

1. INTRODUÇÃO

Embora mortalidade seja extremamente variável, sua predição acurada é importante para estudos de predição do crescimento e da produção do povoamento florestal. A mortalidade é muito variável justamente porque ela pode ser causada por diversos fatores, tais como, doenças, animais, fatores climáticos e do meio e pela competição natural que começa à uma certa idade do povoamento. O último fator pode ser evitado através de tratamentos culturais no início do povoamento e através de desbastes posteriormente. Os outros fatores podem ser amenizados, porém são de mais difícil controle porque são imprevisíveis.

Considerando que o *Pinus taeda* é uma das duas espécies mais difundidas no Paraná e considerando a importância do assunto é que se decidiu pesquisar o problema da mortalidade sobre o aspecto dendrométrico. Portanto, este trabalho visa pesquisar um modelo preditivo da sobrevivência dada em percentagem e consequentemente estimar o número de árvores sobreviventes por hectare, em

função da idade, sítio e espaçamento inicial. Para tal objetivo usou-se dados existentes já utilizados pelo autor em sua tese de Ph.D junto à Universidade de Washington em 1978, provenientes de plantações de *Pinus taeda* de propriedade das Indústrias Klabin de Celulose, Departamento Florestal, pelos quais o autor agradece.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em povoamentos de meia idade ou sob manejo intensivo, a mortalidade normalmente não é muito grande e tenderá correlacionar-se com a idade, densidade do povoamento e provavelmente com outras variáveis medíveis (SPURR⁹, LENHART e CLUTTER³, OSBORN⁶). A mortalidade é difícil de ser predita ou às vezes é erradamente predita em casos de povoamentos jovens ou muito velhos. Segundo CURTIS² a maioria da mortalidade é evitada ou colhida em casos de povoamentos sob manejo intenso. Deste modo a mortalidade diminui em importância à medida que se aumenta a intensidade de manejo, porém não desaparece.

* Engenheiro Florestal, M.Sc., Ph.D, Professor Titular da disciplina de Dendrometria dos Cursos de Graduação e Pós-Graduação em Engenharia Florestal do Setor de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Paraná.

Se a estimativa da mortalidade é de fundamental importância, BURKHARD¹ recomenda o uso de dados provenientes das parcelas permanentes grandes e que tenham sido remeidas pelo menos em duas ocasiões. REUKEMA e BRUCE⁷ indicaram que em média, a taxa de mortalidade de árvores é uma função da taxa de crescimento do povoamento. A mortalidade é normalmente maior em bons sítios do que em sítios pobres, exceto no início do povoamento antes de começar a competição.

Diversos tipos de modelos têm sido usados para a predição da mortalidade ou percentagem de sobrevivência, tanto para florestas naturais como para florestas artificiais. LENHART e CLUTTER³ usaram dados de 186 parcelas de 1/5 de acre para predir a proporção de sobrevivência de *Pinus taeda* na Geórgia. Para isso eles usaram a seguinte função probabilística:

$$\text{Probit (P)} = a + b \log A + c \log N$$

onde:

Probit (P) = Probit da proporção de sobrevivência.

A = idade do povoamento

N = número de árvores por acre originalmente plantadas.

Após os coeficientes deste modelo serem estimados, apenas o coeficiente "a" teve sinal positivo. A variação explicada por esta equação foi de apenas 12 por cento. No entanto, estes autores disseram que esta relação devia ser útil para indicar a tendência média de mortalidade.

MONSERUD⁵ comparou análise probabilística e análise logística para predição de mortalidade em povoamentos de folhosas em Wisconsin. A equação logística de forma geral

$$F(x,b) = (1 + e^{-x},b) = \text{LGP}$$

forneceu a melhor predição. LGP é o comprimento do período de crescimento. As variáveis que entraram no modelo final foram: diâmetro médio predito, crescimento do diâmetro médio e índice de competição.

SMALLEY e BAILEY⁸ depois de diversas tentativas chegaram a um modelo que estimou a porcentagem de sobrevivência muito bem. O modelo final desses autores tem a forma:

$$\log (T_p/T_s) = A [(b \log (T_p) + ch + d \sqrt{h})]$$

onde:

T_p = Árvores plantadas

T_s = Árvores vivas

H = Altura das árvores dominantes

A = Idade

Os coeficientes b e c tiveram sinal positivo e o coeficiente d teve sinal negativo, após serem estimados. Esta equação explicou 84 por cento da variação total e o desvio padrão foi de 0,0648, sendo a média $y = 0,1329$. Nenhuma tendência dos resíduos foi verificada. Este modelo tem a grande vantagem que quando $A = 0$, T_p será igual a T_s . Assim, quando a idade é igual a zero $\log (T_p/T_s) = 0$ e a equação prediz a sobrevivência de 100 por cento.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Os dados usados no presente trabalho foram coletados no Município de Telêmaco Borba, nos reflorestamentos de *Pinus taeda* de propriedade das Indústrias Klabin de Celulose, situada na região Central do Paraná. A altitude média da região está em torno de 850 metros; a temperatura média é de 19° Celsius e a precipitação média é de 1399,5 milímetros, sendo distribuída por todo o ano, sendo os meses de julho e agosto um pouco mais secos. Ocorrem várias geadas durante o ano nessa região.

Os dados usados cobriam apenas os espaçamentos iniciais de 2x2 e 2x2,5 metros, provenientes de parcelas permanentes de 9 anos de idade e de outros povoamentos até 15 anos de idade. Estes dados disponíveis cobriam apenas as classes de qualidade II, III e IV de acordo com a classificação feita por MACHADO⁴.

A equação de SMALLEY e BAILEY⁸ foi usada para a predição da porcentagem de sobrevivência em função da idade, número de árvores plantadas, número de árvores vivas e altura das dominantes, expressa em termos do índice de sí-

tio, conforme quadro 1. Esta equação é a seguinte:

$$\log (Ap/Av) = I (b \log Ap + c Hdom + d \sqrt{Hdom})$$

onde:

Ap = Número de árvores plantadas

Av = Número de árvores vivas

Hdom = Altura dominante à idade I para cada sítio.

O programa de computação "SPSS" (Programa Estatístico para Ciências Sociais) foi usado para ajustar os dados ao modelo sem o termo de intercepção.

QUADRO 1 — Altura média das dominantes expressas em termos de índice de sítio para cada classe de qualidade de sítio.

Idade	Classes de Qualidade do Sítio		
	II	III	IV
4	7,7	7,0	6,3
5	9,6	8,8	7,9
6	11,3	10,3	9,4
7	12,9	11,7	10,4
8	14,4	12,9	11,4
9	15,7	14,0	12,3
10	17,0	15,0	13,0
11	18,1	15,9	13,7
12	19,1	16,7	14,3
13	20,2	17,5	14,8
14	21,0	18,1	15,4
15	21,9	18,7	15,8

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A mortalidade em plantios de *Pinus taeda* foi predita com sucesso em termos de porcentagem de sobrevivência. Então o número de árvores sobreviventes por hectare foi estimado usando a equação que estima a porcentagem de sobrevivência para todas as classes de sítio e idades de 4 a 15 anos.

Usando o método de regressão "Stepwise" a equação final resultante para estimar a porcentagem de sobrevivência em função do espaçamento, idade e classe de qualidade do sítio, expressa como Hdom foi a seguinte:

$$\log (Ap/Av) = A (0,001907 Hdom - 0,006322 \sqrt{Hdom})$$

As estatísticas mais relevantes desse modelo foram:

Coefficiente de determinação múltiplo, $R^2 = 0,93566$

Erro padrão de estimação

$$Syx = 0,0003$$

$$Syx\% = 8,18\%$$

Razão da variância $F = 225,40$

O termo $\log Ap$ contribuiu significativamente na equação de SMALLEY e BAILEY⁸ para prever porcentagem de sobrevivência em plantações de *Pinus taeda* em suas regiões de ocorrência natural nos estados de Tennessee, Alabama e Georgia, porém não apresentou contribuição significativa para a melhoria da predição no presente trabalho; portanto este termo foi retirado da equação preditiva.

As figuras 1 e 2 mostram o número de árvores sobreviventes por hectares à cada idade, por sítio e espaçamento inicial. Estes resultados, mostrados nessas figuras, indicam que a mortalidade é maior nos melhores sítios, exceto nos primeiros anos de estabelecimento do plantio. Estes resultados estão de acordo com os encontrados por REUKEMA e BRUCE⁷. A justificativa é óbvia e facilmente compreensível. Em solos pobres há uma maior mortalidade nos primeiros anos após o plantio do que em solos bons. No entanto, a competição começa mais cedo em solos ricos, devido ao desenvolvimento mais rápido das árvores e portanto a mortalidade devido a este fator densidade, começa mais cedo em solos mais férteis.

5. CONCLUSÃO

Baseando-se na análise estatística da equação resultante, concluiu-se que este modelo se ajustou bem para a predição da porcentagem de sobrevivência de plantios de *Pinus taeda* na região do estudo.

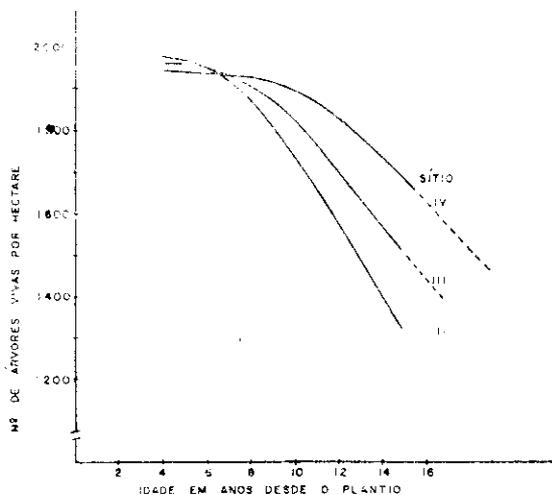


FIGURA 1

Mortalidade natural para povoamentos não desbastados com espaçamento inicial de 2,0x2,5 m (2000 árvores/ha)

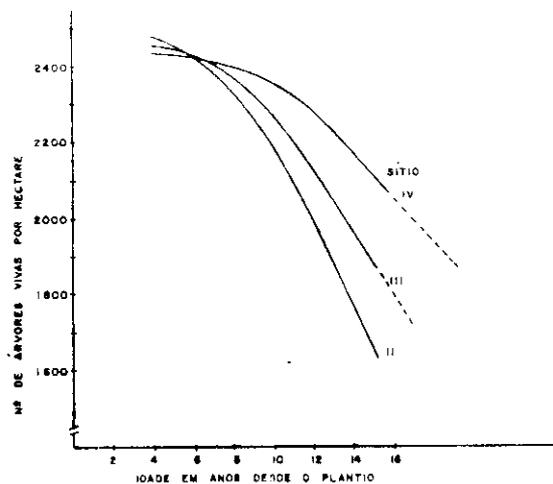


FIGURA 2

Mortalidade natural para povoamentos não desbastados com espaçamento inicial de 2,0x2,0 m (2500 árvores/ha)

6. LITERATURA CITADA

- BURKHART, H.E. The Status and future of yield prediction: methodology in the South east. IN: Forest Modeling and Inventory, 1973-1974 meetings of Midwest Mensurationists. Edited by Alan EK, James W. Balsinger and Lawrence C. Prom-Wisconsin. Madison. p. 10-14. 1975. plantations in Tennessee, Alabama and
- CURTIS, R.O. Yield tables — past and present. Journal of Forestry 70 (1): 28-32. 1972.
- LENHART, J.D. e CLUTTER, T.L. Cubic foot yield tables for loblolly pine plantations in the Georgia Piedmont. Georgia Forest Research Council. Report nº 22 — series 3. 13 p. 1971.
- MACHADO, S.A. Studies in growth and yield estimation for *Pinus taeda* L. plantations in the State of Paraná — Brasil. Ph.D Dissertation. University of Washington — Seattle — WA — USA. 1978. 170 p.
- MONSERUD, R.A. Simulation of forest tree mortality. Forest Science 22(3): 438-444. 1976.
- OSBORN, J.G. A continuous inventory basis for determining growth, mortality and yield. IN: timber management plans on the National Forest. by L.S. GROSS. U.S. Forest Service. p. 40-45. 1950.
- REUKEMA, D.L. e BRUCE, D. Effects of thinnings on yield of Douglas fir. USDA Forest Service — Pacific Northwest Forest and Range Experimental Station. General Technical Report PNW 88. 36 p. 1977.
- SMALLEY, G.V. e BAILEY, R.L. Yield tables and Stand structure for loblolly pine plantations in Tennessee, Alabama and Georgia highlands. USDA. Forest Service — South Forest Experimental Station. Research Paper 50-96. 80 p. 1974.
- SPURR, S.H. Forest Inventory. The Ronald Press Company. New York. 476 p. 1952.